

## MACHINE TRANSLATION DEVICE AND PROGRAM

**Publication number:** JP2007018462  
**Publication date:** 2007-01-25  
**Inventor:** IMAMURA KENJI; OKUMA HIDEO; SUMIDA EIICHIRO  
**Applicant:** ATR ADVANCED TELECOMM RES INST  
**Classification:**  
- International: G06F17/28; G06F17/28;  
- European:  
**Application number:** JP20050202350 20050711  
**Priority number(s):** JP20050202350 20050711

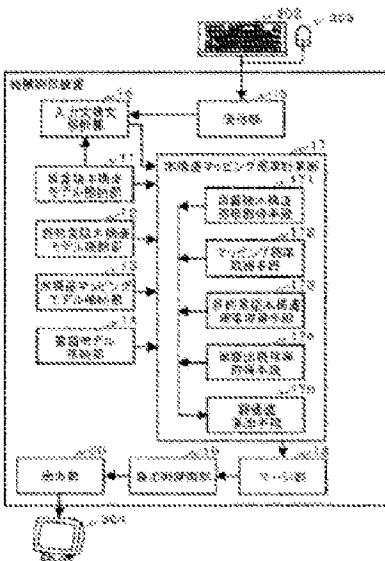
[Report a data error here](#)

### Abstract of **JP2007018462**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To solve a problem of a conventional machine translation device incapable of performing high-quality translation at a high speed.

**SOLUTION:** Based on an original language tree structure model having original language tree structure information using a long unit phrase, which consists of a plurality of words and includes no non-terminal symbol, as one node, a target language tree structure model having target language tree structure information using a long unit phrase, which consists of a plurality of words and include no non-terminal symbol, as one node, a tree structure mapping model having mapping information, which shows correspondence between the original language tree structure and the target language tree structure information, and a mapping probability, and a language model having one or more word appearance probabilities serving as information about a probability concerned with appearance of a word in a second language, syntax analysis is carried out on a received sentence for acquiring a translation model probability and a language model probability. Based on these two probabilities, a syntax tree of an output is evaluated, and a translation sentence to be outputted is decided. In this way, this machine translation device can perform high-quality translation at a high speed.

**COPYRIGHT:** (C)2007,JPO&INPI



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2007-18462

(P2007-18462A)

(43) 公開日 平成19年1月25日(2007.1.25)

(51) Int. Cl.

GO6F 17/28

(2006.01)

F I

GO6F 17/28

Q

テーマコード(参考)

5B091

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 23 頁)

(21) 出願番号

特願2005-202350 (P2005-202350)

(22) 出願日

平成17年7月11日 (2005.7.11)

特許法第30条第1項適用申請有り 2005年3月15日 言語処理学会発行の「言語処理学会 第11回年次大会 発表論文集」に発表

(71) 出願人

393031586

株式会社国際電気通信基礎技術研究所  
京都府相楽郡精華町光台二丁目2番地2

(74) 代理人

100115749

弁理士 谷川 英和

(72) 発明者

今村 賢治

京都府相楽郡精華町光台二丁目2番地2

株式会社国際電気通信基礎技術研究所内

大熊 英男

京都府相楽郡精華町光台二丁目2番地2

株式会社国際電気通信基礎技術研究所内

隅田 英一郎

京都府相楽郡精華町光台二丁目2番地2

株式会社国際電気通信基礎技術研究所内

F ターム(参考) 5B091 AA04 BA14 CA05 CA21 CA24 EA02

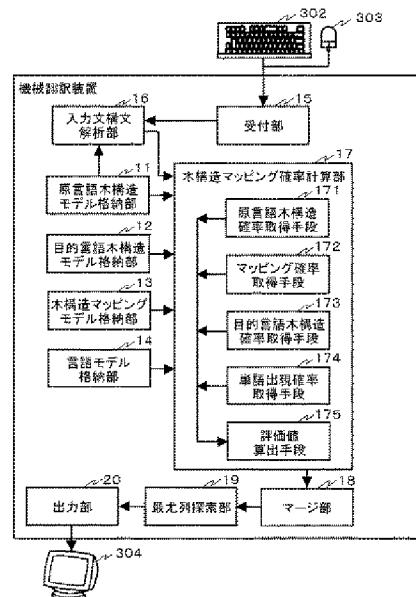
(54) 【発明の名称】機械翻訳装置、およびプログラム

(57) 【要約】

【課題】従来の機械翻訳装置においては、高品質かつ高速な翻訳ができない、という課題があった。

【解決手段】複数の単語からなり非終端記号を含まない長単位句を一ノードとする原言語木構造情報を有する原言語木構造モデルと、複数の単語からなり非終端記号を含まない長単位句を一ノードとする目的言語木構造情報を有する目的言語木構造モデルと、原言語木構造情報と目的言語木構造情報との対応を示す情報であるマッピング情報とマッピング確率を有する木構造マッピングモデルと、第二言語における単語の出現に関する確率の情報である単語出現確率を1以上有する言語モデルとに基づいて、受け付けた文章を構文解析し、翻訳モデル確率と、言語モデル確率を取得し、当該2つの確率に基づいて、出力の構文木を評価し、出力する翻訳文を決定する機械翻訳装置により、高品質かつ高速な翻訳が可能となる。

【選択図】図1



**【特許請求の範囲】****【請求項1】**

翻訳される元の文章の言語である第一言語の木構造に関する情報であり、複数の単語からなり非終端記号を含まない長単位句を一のノードとする木構造の情報を含む原言語木構造情報と、当該原言語木構造情報に対応する木構造の確率を示す情報である原言語木構造確率を有する原言語木構造レコードを1以上有する原言語木構造モデルを格納している原言語木構造モデル格納部と、

翻訳結果の文章の言語である第二言語の木構造に関する情報であり、複数の単語からなり非終端記号を含まない長単位句を一のノードとする木構造の情報を含む目的言語木構造情報と、当該目的言語木構造情報に対応する木構造の確率を示す情報である目的言語木構造確率を有する目的言語木構造レコードを1以上有する目的言語木構造モデルを格納している目的言語木構造モデル格納部と、

原言語木構造情報と目的言語木構造情報との対応を示す情報であるマッピング情報と、当該マッピング情報が示す対応の確率を示す情報であるマッピング確率を有する木構造マッピングレコードを1以上有する木構造マッピングモデルを格納している木構造マッピングモデル格納部と、

第二言語における単語の出現に関する確率の情報である単語出現確率を1以上有する言語モデルを格納している言語モデル格納部と、

第一言語の文章を受け付ける受付部と、

前記受付部が受け付けた文章を構文解析し、当該文章の一部または全部の木構造に関する情報である木構造情報を、順次得る入力文構文解析部と、

前記入力文構文解析部が得た木構造情報に対応する1以上の原言語木構造確率を前記原言語木構造モデル格納部から取得し、前記入力文構文解析部が得た木構造情報に対応する1以上の目的言語木構造情報と1以上のマッピング確率を前記木構造マッピングモデル格納部から取得し、前記1以上の目的言語木構造情報のそれぞれに対応する1以上の目的言語木構造確率を前記目的言語木構造モデル格納部から取得し、前記取得した目的言語木構造情報に基づいて、当該目的言語木構造情報を構成する2以上の単語の、1以上の単語出現確率を前記言語モデル格納部から取得し、前記取得した原言語木構造確率、前記取得したマッピング確率、前記取得した目的言語木構造確率、および前記取得した単語出現確率に基づいて、出力の構文木の評価値を算出する木構造マッピング確率計算部と、

前記木構造マッピング確率計算部が算出した評価値に基づいて、出力する第二言語の一部または全部の構文木を決定し、当該決定した構文木に基づいて第二言語の一部または全部の文章である出力情報を取得する最尤列探索部と、

前記最尤列探索部が取得した1以上の出力情報を有する第二言語の文章を出力する出力部を具備する機械翻訳装置。

**【請求項2】**

前記木構造マッピング確率計算部は、

前記入力文構文解析部が得た木構造情報に対応する1以上の原言語木構造確率を前記原言語木構造モデル格納部から取得する原言語木構造確率取得手段と、

前記入力文構文解析部が得た木構造情報に対応する1以上の目的言語木構造情報と1以上のマッピング確率を前記木構造マッピングモデル格納部から取得するマッピング確率取得手段と、

前記1以上の目的言語木構造情報のそれぞれに対応する1以上の目的言語木構造確率を前記目的言語木構造モデル格納部から取得する目的言語木構造確率取得手段と、

前記取得した目的言語木構造情報をに基づいて、当該目的言語木構造情報を構成する2以上の単語の、1以上の単語出現確率を前記言語モデル格納部から取得する単語出現確率取得手段と、

前記原言語木構造確率、前記マッピング確率、前記目的言語木構造確率、および前記単語出現確率に基づいて、出力の構文木の評価値を算出する評価値算出手段を具備する請求項

1記載の機械翻訳装置。

【請求項3】

前記木構造マッピング確率計算部が算出した2以上の評価値と当該評価値に対応する出力の構文木において、同一の構文木に対応する評価値を合成するマージ部をさらに具備し、

前記最尤列探索部は、

前記木構造マッピング確率計算部が算出した評価値および前記マージ部が合成して得た評価値に基づいて、出力する第二言語の一部または全部の構文木を決定し、当該決定した構文木に基づいて第二言語の一部または全部の文章である出力情報を取得する請求項1または請求項2記載の機械翻訳装置。

【請求項4】

前記評価値算出手段は、

前記原言語木構造確率、前記マッピング確率、前記目的言語木構造確率、前記単語出現確率の積を算出し、当該積を出力の構文木の評価値とする請求項2または請求項3記載の機械翻訳装置。

【請求項5】

前記最尤列探索部は、

前記木構造マッピング確率計算部が算出した評価値が最大の構文木を、出力する構文木として決定し、当該決定した構文木に基づいて第二言語の一部または全部の文章である出力情報を取得する請求項1から請求項4いずれか記載の機械翻訳装置。

【請求項6】

コンピュータに、

翻訳される元の文章の言語である第一言語の木構造に関する情報であり、複数の単語からなり非終端記号を含まない長単位句を一のノードとする木構造の情報を含む原言語木構造情報と、当該原言語木構造情報に対応する木構造の確率を示す情報である原言語木構造確率を有する原言語木構造レコードを1以上有する原言語木構造モデルを格納しており、翻訳結果の文章の言語である第二言語の木構造に関する情報であり、複数の単語からなり非終端記号を含まない長単位句を一のノードとする木構造の情報を含む目的言語木構造情報と、当該目的言語木構造情報に対応する木構造の確率を示す情報である目的言語木構造確率を有する目的言語木構造レコードを1以上有する目的言語木構造モデルを格納しており、

原言語木構造情報と目的言語木構造情報との対応を示す情報であるマッピング情報と、当該マッピング情報が示す対応の確率を示す情報であるマッピング確率を有する木構造マッピングレコードを1以上有する木構造マッピングモデルを格納しており、

第二言語の2以上の単語の連続した出現に関する確率の情報である単語出現確率を有する単語出現確率を1以上有する言語モデルを格納しており、

第一言語の文章を受け付ける受付ステップと、

前記受付ステップで受け付けた文章を構文解析し、当該文章の一部または全部の木構造に関する情報をある木構造情報を、順次得る入力文構文解析ステップと、

前記入力文構文解析ステップで得た木構造情報に対応する1以上の原言語木構造確率を取得し、前記入力文構文解析ステップで得た木構造情報に対応する1以上の目的言語木構造情報と1以上のマッピング確率を取得し、前記1以上の目的言語木構造情報のそれぞれに対応する1以上の目的言語木構造確率を取得し、前記取得した目的言語木構造情報に基づいて、当該目的言語木構造情報を構成する2以上の単語の、1以上の単語出現確率を取得し、前記取得した原言語木構造確率、前記取得したマッピング確率、前記取得した目的言語木構造確率、および前記取得した単語出現確率に基づいて、出力の構文木の評価値を算出する木構造マッピング確率計算ステップと、

前記木構造マッピング確率計算ステップで算出した評価値に基づいて、出力する第二言語の一部または全部の構文木を決定し、当該決定した構文木に基づいて第二言語の一部または全部の文章である出力情報を取得する最尤列探索ステップと、

前記最尤列探索ステップで取得した1以上の出力情報を有する第二言語の文章を出力する  
【発明の詳細な説明】せるためのプログラム。

【技術分野】

【0001】

本発明は、受け付けた文章を他言語に翻訳する機械翻訳装置等に関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来の第一の機械翻訳装置において、「Phrase-based SMT」と呼ばれる翻訳アルゴリズムを探っていた（例えば、非特許文献1参照）。「Phrase-based SMT」とは、句に基づく統計翻訳であり、複数単語（句）を単位に翻訳を行う。

【0003】

従来の第二の機械翻訳装置において、「構文トランスファ方式MT」と呼ばれる翻訳アルゴリズムを探っていた（例えば、非特許文献2参照）。構文トランスファ方式の機械翻訳では、入力文を構文解析し、得られた構文木を出力の構文木に変換することにより翻訳を行う。

【0004】

さらに、従来の第三の技術として、本機械翻訳装置で利用され得る翻訳モデルの自動取得の技術がある。かかる翻訳モデル（原言語木構造モデル、目的言語木構造モデル、木構造マッピングモデルの総称）に含まれる規則は、階層的句アライメント方法（非特許文献3参照）等を用いると、コーパスから自動的に抽出することができる。また、これらモデルの確率は、コーパス中に規則が使われた頻度をカウントし、その相対頻度を計算するなどの処理により、算出することができる。かかる第三の技術により、原言語木構造モデル、目的言語木構造モデル、木構造マッピングモデルが自動的に取得できる。

【非特許文献1】Philipp Koehn, Franz J. Och, and Daniel Marcu:Statistical Phrase-Based Translation. HLT-NAACL 2003: Main Proceedings, 2003, pp.127-133

【非特許文献2】古瀬 蔵他2名, 構成素境界解析を用いた多言語話し言葉翻訳, 自然言語処理, Vol. 6, No. 5, 1999, pp.63-91

【非特許文献3】今村 賢治, 構文解析と融合した階層的句アライメント, 自然言語処理, Vol. 9, No. 5, 2002, pp. 23-42

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、従来の第一の機械翻訳装置においては、句の順序を調整しなければ正しい翻訳文とはならない。本機械翻訳装置の翻訳方法では、句の順序調整を平坦な構造上で行い、言語モデルで検証していた。そのため、構文的に誤った翻訳文を出力することがある、という課題があった。

また、従来の第二の機械翻訳装置においては、入力の解析結果として、複数の構造が得られた時、単語の意味距離等を用いて曖昧性解消を行っていた。そのため、シソーラスを必要とする、という課題があった。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本第一の発明の機械翻訳装置は、翻訳される元の文章の言語である第一言語の木構造に関する情報であり、複数の単語からなり非終端記号を含まない長単位句を一のノードとする木構造の情報を含む原言語木構造情報と、当該原言語木構造情報に対応する木構造の確率を示す情報である原言語木構造確率を有する原言語木構造レコードを1以上有する原言語木構造モデルを格納している原言語木構造モデル格納部と、翻訳結果の文章の言語である第二言語の木構造に関する情報であり、複数の単語からなり非終端記号を含まない長単位句を一のノードとする木構造の情報を含む目的言語木構造情報と、当該目的言語木構造情報に対応する木構造の確率を示す情報である目的言語木構造確率を有する目的言語木構造レコードを1以上有する目的言語木構造モデルを格納している目的言語木構造モデル格

納部と、原言語木構造情報と目的言語木構造情報との対応を示す情報であるマッピング情報と、当該マッピング情報が示す対応の確率を示す情報であるマッピング確率を有する木構造マッピングレコードを1以上有する木構造マッピングモデルを格納している木構造マッピングモデル格納部と、第二言語における単語の出現に関する確率の情報である単語出現確率を1以上有する言語モデルを格納している言語モデル格納部と、第一言語の文章を受け付ける受付部と、前記受付部が受け付けた文章を構文解析し、当該文章の一部または全部の木構造に関する情報を、順次得る入力文構文解析部と、前記入力文構文解析部が得た木構造情報に対応する1以上の原言語木構造確率を前記原言語木構造モデル格納部から取得し、前記入力文構文解析部が得た木構造情報に対応する1以上の目的言語木構造情報と1以上のマッピング確率を前記木構造マッピングモデル格納部から取得し、前記1以上の目的言語木構造情報のそれぞれに対応する1以上の目的言語木構造確率を前記目的言語木構造モデル格納部から取得し、前記取得した目的言語木構造情報に基づいて、当該目的言語木構造情報を構成する2以上の単語の、1以上の単語出現確率を前記言語モデル格納部から取得し、前記取得した原言語木構造確率、前記取得したマッピング確率、前記取得した目的言語木構造確率、および前記取得した単語出現確率に基づいて、出力の構文木の評価値を算出する木構造マッピング確率計算部と、前記木構造マッピング確率計算部が算出した評価値に基づいて、出力する第二言語の一部または全部の構文木を決定し、当該決定した構文木に基づいて第二言語の一部または全部の文章である出力情報を取得する最尤列探索部と、前記最尤列探索部が取得した1以上の出力情報を有する第二言語の文章を出力する出力部を具備する機械翻訳装置である。

かかる構成により、高品質かつ高速な翻訳が可能となる。

#### 【0007】

また、本第二の発明の機械翻訳装置は、第一の発明に対して、前記木構造マッピング確率計算部は、前記入力文構文解析部が得た木構造情報に対応する1以上の原言語木構造確率を前記原言語木構造モデル格納部から取得する原言語木構造確率取得手段と、前記入力文構文解析部が得た木構造情報に対応する1以上の目的言語木構造情報と1以上のマッピング確率を前記木構造マッピングモデル格納部から取得するマッピング確率取得手段と、前記1以上の目的言語木構造情報のそれぞれに対応する1以上の目的言語木構造確率を前記目的言語木構造モデル格納部から取得する目的言語木構造確率取得手段と、前記取得した目的言語木構造情報に基づいて、当該目的言語木構造情報を構成する2以上の単語の、1以上の単語出現確率を前記言語モデル格納部から取得する単語出現確率取得手段と、前記原言語木構造確率、前記マッピング確率、前記目的言語木構造確率、および前記単語出現確率に基づいて、出力の構文木の評価値を算出する評価値算出手段を具備する機械翻訳装置である。

かかる構成により、高品質かつ高速な翻訳が可能となる。

#### 【0008】

また、本第三の発明の機械翻訳装置は、第一、第二の発明に対して、前記木構造マッピング確率計算部が算出した2以上の評価値と当該評価値に対応する出力の構文木において、同一の構文木に対応する評価値を合成するマージ部をさらに具備し、前記最尤列探索部は、前記木構造マッピング確率計算部が算出した評価値および前記マージ部が合成して得た評価値に基づいて、出力する第二言語の一部または全部の構文木を決定し、当該決定した構文木に基づいて第二言語の一部または全部の文章である出力情報を取得する機械翻訳装置である。

かかる構成により、高品質かつ高速な翻訳が可能となる。

また、本第四の発明の機械翻訳装置は、第二、第三の発明に対して、前記評価値算出手段は、前記原言語木構造確率、前記マッピング確率、前記目的言語木構造確率、前記単語出現確率の積を算出し、当該積を出力の構文木の評価値とする機械翻訳装置である。

かかる構成により、高品質かつ高速な翻訳が可能となる。

#### 【0009】

また、本第五の発明の機械翻訳装置は、第一から第四いずれかの発明に対して、前記最

尤列探索部は、前記木構造マッピング確率計算部が算出した評価値が最大の構文本を、出力する構文本として決定し、当該決定した構文本に基づいて第二言語の一部または全部の文章である出力情報を取得する機械翻訳装置である。

かかる構成により、高品質かつ高速な翻訳が可能となる。

#### 【発明の効果】

#### 【0010】

本発明による機械翻訳装置によれば、高品質かつ高速な翻訳が可能となる。

#### 【発明を実施するための最良の形態】

#### 【0011】

以下、機械翻訳装置等の実施形態について図面を参照して説明する。なお、実施の形態において同じ符号を付した構成要素は同様の動作を行うので、再度の説明を省略する場合がある。

##### (実施の形態1)

図1は、本実施の形態における機械翻訳装置のブロック図である。

#### 【0012】

機械翻訳装置は、原言語木構造モデル格納部11、目的言語木構造モデル格納部12、木構造マッピングモデル格納部13、言語モデル格納部14、受付部15、入力文構文解析部16、木構造マッピング確率計算部17、マージ部18、最尤列探索部19、出力部20を具備する。また、機械翻訳装置は、入力手段として、例えば、キーボード302、マウス303を具備する。さらに、機械翻訳装置は、出力手段として、例えば、ディスプレイ304を具備する。

木構造マッピング確率計算部17は、原言語木構造確率取得手段171、マッピング確率取得手段172、目的言語木構造確率取得手段173、単語出現確率取得手段174、評価値算出手段175を具備する。

#### 【0013】

原言語木構造モデル格納部11は、翻訳される元の文章の言語である第一言語の木構造に関する情報であり、1つの非終端信号に対し、1個以上の終端信号または非終端信号を対応付けた木構造の情報を含む原言語木構造情報と、当該原言語木構造情報に対応する木構造の確率を示す情報である原言語木構造確率を有する原言語木構造レコードを1以上有する原言語木構造モデルを格納している。なお、非終端記号とは、構文ラベル付き変数である。終端記号とは、単語そのものである。また、原言語木構造情報は、以下の複数の種類がある。例えば、原言語木構造情報は、2個以上の終端記号を子ノードとして持ち、親ノードが非終端記号である規則を含む情報である原言語長単位句木構造情報と、1つ以上の非終端記号と、0個以上の終端記号を子ノードとして持つ、親ノードが非終端記号である規則を示す情報である原言語構文木構造情報と、1個の終端記号を子ノードとして持ち、親ノードが非終端記号である規則を示す情報である原言語単語単位木構造情報などがある。また、原言語木構造確率とは、原言語において、親ノードの非終端記号が、子ノードの非終端記号または終端記号を生成する確率である。また、1つの非終端信号に対し、1個以上の終端信号または非終端信号を対応付けた木構造の情報は、複数の単語からなり非終端記号を含まない長単位句を一のノードとする木構造の情報を含む。原言語木構造モデルのデータ構造は問わない。原言語木構造モデルの例は、後述する。原言語木構造モデル格納部11は、不揮発性の記録媒体が好適であるが、揮発性の記録媒体でも実現可能である。

#### 【0014】

目的言語木構造モデル格納部12は、翻訳結果の文章の言語である第二言語の木構造に関する情報であり、1つの非終端信号に対し、1個以上の終端信号または非終端信号を対応付けた木構造の情報を含む目的言語木構造情報と、当該目的言語木構造情報に対応する木構造の確率を示す情報である目的言語木構造確率を有する目的言語木構造レコードを1以上有する目的言語木構造モデルを格納している。目的言語木構造情報は、以下の複数の種類がある。例えば、目的言語木構造情報は、2個以上の終端記号を子ノードとして持つ

、親ノードが非終端記号である規則を含む情報である目的言語長単位木構造情報と、1つ以上の非終端記号と、0個以上の終端記号を子ノードとして持つ、親ノードが非終端記号である規則を示す情報である目的言語構木構造情報と、1個の終端記号を子ノードとして持ち、親ノードが非終端記号である規則を示す情報である目的言語単語単位木構造情報などがある。また、目的言語木構造確率とは、目的言語において、親ノードの非終端記号が、子ノードの非終端記号列または終端記号列を生成する確率である。また、1つの非終端信号に対し、1個以上の終端信号または非終端信号を対応付けた木構造の情報は、複数の単語からなり非終端記号を含まない長単位句を一のノードとする木構造の情報を含む。目的言語木構造モデルのデータ構造は問わない。目的言語木構造モデルの例は、後述する。目的言語木構造モデル格納部12は、不揮発性の記録媒体が好適であるが、揮発性の記録媒体でも実現可能である。

#### 【0015】

木構造マッピングモデル格納部13は、原言語木構造情報と目的言語木構造情報との対応を示す情報であるマッピング情報と、当該マッピング情報が示す対応の確率を示す情報であるマッピング確率を有する木構造マッピングレコードを1以上有する木構造マッピングモデルを格納している。ここでは、マッピング確率とは、原言語木構造情報と目的言語木構造情報が対応する確率を示す情報である。木構造マッピングモデルのデータ構造は問わない。木構造マッピングモデルの例は、後述する。木構造マッピングモデル格納部13は、不揮発性の記録媒体が好適であるが、揮発性の記録媒体でも実現可能である。

#### 【0016】

言語モデル格納部14は、第二言語における単語の出現に関する確率の情報である単語出現確率を1以上有する言語モデルを格納している。単語出現確率は、例えば、第二言語の、2以上の単語の連続した出現に関する確率の情報である。単語出現確率は、例えば、第二言語の第一の単語と、第二の単語と、第一の単語の後に第二の単語が出現する確率を示す情報である。言語モデルは、例えば、第一の単語と、第二の単語と、単語出現確率を有するレコードを1以上有する。言語モデル格納部14は、不揮発性の記録媒体が好適であるが、揮発性の記録媒体でも実現可能である。

#### 【0017】

受付部15は、第一言語の文章を受け付ける。文章の入力手段は、テンキーやキーボードやマウスやメニュー画面によるもの等、何でも良い。受付部15は、テンキーやキーボード等の入力手段のデバイスドライバーや、メニュー画面の制御ソフトウェア等で実現され得る。

#### 【0018】

入力文構文解析部16は、受付部15が受け付けた文章を構文解析し、当該文章の一部または全部の木構造に関する情報を得る。入力文構文解析部16は、通常、原言語木構造モデル格納部11の原言語木構造モデルを用いて、文章を構文解析する。ただし、入力文構文解析部16は、原言語木構造モデルを用いることが好適であるが、他の木構造モデルを用いて、文章を構文解析しても良いし、他の手段により文章を構文解析しても良い。なお、文章を構文解析し、木構造情報を、順次得る処理は公知技術における処理であるので、詳細な説明は省略する。入力文構文解析部16は、通常、MPUやメモリ等から実現され得る。入力文構文解析部16の処理手順は、通常、ソフトウェアで実現され、当該ソフトウェアはROM等の記録媒体に記録されている。但し、ハードウェア（専用回路）で実現しても良い。

#### 【0019】

木構造マッピング確率計算部17は、入力文構文解析部16が得た木構造情報に対応する1以上の原言語木構造確率を原言語木構造モデル格納部11から取得し、入力文構文解析部16が得た木構造情報に対応する1以上の目的言語木構造情報と1以上のマッピング確率を木構造マッピングモデル格納部13から取得し、1以上の目的言語木構造情報のそれぞれに対応する1以上の目的言語木構造確率を目的言語木構造モデル格納部12から取得し、取得した目的言語木構造情報に基づいて、当該目的言語木構造情報を構成する2以

上の単語の、1以上の単語出現確率を言語モデル格納部14から取得し、取得した原言語木構造確率、取得したマッピング確率、取得した目的言語木構造確率、および取得した単語出現確率に基づいて、出力の構文木の評価値を算出する。木構造マッピング確率計算部17は、通常、MPUやメモリ等から実現され得る。木構造マッピング確率計算部17の処理手順は、通常、ソフトウェアで実現され、当該ソフトウェアはROM等の記録媒体に記録されている。但し、ハードウェア（専用回路）で実現しても良い。

原言語木構造確率取得手段171は、入力文構文解析部16が得た木構造情報に対応する1以上の原言語木構造確率を原言語木構造モデル格納部11から取得する。

マッピング確率取得手段172は、入力文構文解析部16が得た木構造情報に対応する1以上の目的言語木構造情報と1以上のマッピング確率を木構造マッピングモデル格納部13から取得する。

#### 【0020】

目的言語木構造確率取得手段173は、1以上の目的言語木構造情報のそれぞれに対応する1以上の目的言語木構造確率を目的言語木構造モデル格納部12から取得する。ここでの1以上の目的言語木構造情報は、マッピング確率取得手段172が取得した目的言語木構造情報である。

#### 【0021】

単語出現確率取得手段174は、取得した目的言語木構造情報に基づいて、当該目的言語木構造情報を構成する2以上の単語の、1以上の単語出現確率を言語モデル格納部14から取得する。単語出現確率取得手段174は、例えば、後述する単語bigramモデルの確率を取得しても良い。

#### 【0022】

評価値算出手段175は、原言語木構造確率、マッピング確率、目的言語木構造確率、および単語出現確率に基づいて、出力の構文木の評価値を算出する。評価値算出手段175は、原言語木構造確率、マッピング確率、目的言語木構造確率の積で翻訳モデル確率を算出し、かつ、1以上の単語出現確率の積で言語モデル確率を算出し、かつ当該翻訳モデル確率と言語モデル確率に基づいて評価値を算出することは好適である。さらに、評価値算出手段175は、翻訳モデル確率と言語モデル確率の積により評価値を算出することは好適である。

#### 【0023】

原言語木構造確率取得手段171、マッピング確率取得手段172、目的言語木構造確率取得手段173、単語出現確率取得手段174、評価値算出手段175は、通常、MPUやメモリ等から実現され得る。原言語木構造確率取得手段171等の処理手順は、通常、ソフトウェアで実現され、当該ソフトウェアはROM等の記録媒体に記録されている。但し、ハードウェア（専用回路）で実現しても良い。

マージ部18は、木構造マッピング確率計算部17が算出した2以上の評価値と当該評価値に対応する出力の構文木において、同一の構文木に対応する評価値を合成する。合成とは、例えば、2以上の評価値の和を算出することである。また、合成とは、例えば、一の出力の構文木に対応する2以上の評価値を、一の評価値としてグループ化（リンク付けなど）することである。具体的には、マージ部18は、例えば、得られた出力の構文木の木構造情報（例えば、単語列リスト）をキーとして、バッファ（例えば、出力の単語列リスト、および確率が一時格納されたバッファ）を検索する。なお、かかるバッファには、木構造マッピング確率計算部17が得た、出力の木構造情報（単語列リスト）と評価値（例えば、確率）が格納されている。そして、マージ部18は、バッファ中に、得られた木構造情報（例えば、単語列リスト）が存在するか否かを判断する。そして、マージ部18は、得られた木構造情報（例えば、単語列リスト）が存在すると判断した場合、得られた木構造情報（例えば、単語列リスト）に対応する評価値（例えば、確率）として、得られた評価値（例えば、確率）を追記する。なお、一の単語リストに対応する評価値（例えば、確率）が2以上存在する場合、翻訳モデル確率（評価値）の和が、当該単語リストの翻訳確率（評価値）となる。そして、例えば、「(2つ以上の翻訳モデル確率の和) × 言語

モデル確率」が当該単語リストの確率（評価値）となる。そして、マージ部18は、得られた木構造情報（例えば、単語列リスト）が存在しないと判断した場合、得られた木構造情報（例えば、単語列リスト）、および得られた評価値（例えば、確率）を対にして登録する。マージ部18は、通常、MPUやメモリ等から実現され得る。マージ部18の処理手順は、通常、ソフトウェアで実現され、当該ソフトウェアはROM等の記録媒体に記録されている。但し、ハードウェア（専用回路）で実現しても良い。

【0024】

最尤列探索部19は、木構造マッピング確率計算部17が算出した評価値に基づいて、出力する第二言語の一部または全部の構文木を決定し、当該決定した構文木に基づいて第二言語の一部または全部の文章である出力情報を取得する。最尤列探索部19は、木構造マッピング確率計算部17が算出した評価値が最大の構文木を出力する構文木として決定し、当該決定した構文木に基づいて第二言語の一部または全部の文章である出力情報を取得することは好適である。最尤列探索部19は、通常、MPUやメモリ等から実現され得る。最尤列探索部19の処理手順は、通常、ソフトウェアで実現され、当該ソフトウェアはROM等の記録媒体に記録されている。但し、ハードウェア（専用回路）で実現しても良い。

【0025】

出力部20は、最尤列探索部19が取得した1以上の出力情報を有する第二言語の文章を出力する。ここで、出力とは、ディスプレイへの表示、プリンタへの印字、音声合成による出力、外部の装置への送信等を含む概念である。出力部20は、ディスプレイやスピーカー等の出力デバイスを含むと考えても含まないと考えても良い。出力部20は、出力デバイスのドライバーソフトまたは、出力デバイスのドライバーソフトと出力デバイス等で実現され得る。

なお、第一言語、第二言語は、日本語、英語、中国語、韓国語等何でも良い。ただし、第一言語と第二言語は異なる言語である。

次に、機械翻訳装置の動作について図2から図5のフローチャートを用いて説明する。

（ステップS201）受付部15は、第一言語の文章を受け付けたか否かを判断する。文章を受け付けければステップS202に行き、文章を受け付けなければステップS201に戻る。

【0026】

（ステップS202）入力文構文解析部16は、原言語木構造モデル格納部11の原言語木構造モデル（詳細には、原言語木構造情報）を用いて、ステップS201で受け付けた文章を構文解析し、当該文章の一部または全部の木構造に関する情報である木構造情報を得る。なお、本ステップにおける文章の構文解析処理は、先に読み込んだ単語を次々に用いて、ボトムアップに大きな構文木を構成するような処理である。

【0027】

（ステップS203）木構造マッピング確率計算部17は、ステップS202において新たな部分木（新たな木構造情報）が取得できたか否かを判断する。新たな部分木が取得できればステップS204に行き、新たな部分木が取得できなければステップS205に行く。

【0028】

（ステップS204）木構造マッピング確率計算部17は、評価処理を行う。評価処理とは、出力の構文木の評価値を算出する処理である。出力の構文木の評価値は、出力情報（翻訳された文章）が出力される確率を示す情報である。ステップS202に戻る。なお、ステップS202に戻った際には、ステップS202において、直前に作成した部分木を構成する前の単語をも取得して、ボトムアップにより大きな構文木を構成するように処理される。評価処理の詳細について、図3のフローチャートを用いて説明する。

【0029】

（ステップS205）最尤列探索部19は、文章の最後尾か否かを判断する。最後尾であればステップS206に行き、最後尾でなければステップS210に行く。なお、ステ

ップS205における判断が最後尾でないとの判断の場合、本文章は、2以上の部分木を有することとなる。

【0030】

(ステップS206) 最尤列探索部19は、上述の構文解析の処理、および評価処理において、バッファ上に登録された複数の翻訳候補（第二言語の1以上の構文木の集合）から、部分木（構文木）の数が最少となる部分木列を取得する。

【0031】

(ステップS207) 最尤列探索部19は、各部分木の出力単語リストから、確率の和が最大となる単語列を決定する。その際、同一の出力単語リストが2以上存在する場合には、当該出力単語リストに対応する確率の和を算出し、確率の和が最大となる単語列を決定する際に、当該確率の和を比較対象とする。

(ステップS208) 最尤列探索部19は、ステップS206で決定した1以上の部分木の単語列を連結する。

【0032】

(ステップS209) 出力部20は、ステップS208で連結された単語列を出力する。なお、かかる単語列は、最尤列探索部19が取得した1以上の出力情報を有する第二言語の文章（翻訳結果）である。処理を終了する。

(ステップS210) 最尤列探索部19は、次の単語にスキップする。次の単語へのスキップとは、構文解析を行う単語のポインタをずらす処理である。ステップS202に戻る。

次に、ステップS204の評価処理について、図3のフローチャートを用いて詳細に説明する。

【0033】

(ステップS301) 木構造マッピング確率計算部17は、構築した部分木の最上位ノードの規則 $\theta_f$ に対応するすべての目的言語木構造モデルの規則 $\theta_e$ を、目的言語木構造モデル格納部12から取得する。つまり、ここでは、1以上の $(\theta_f, \theta_e)$ の組が取得される。なお、規則とは、原言語木構造情報、目的言語木構造情報等である。

(ステップS302) 木構造マッピング確率計算部17は、カウンタiに1を代入する。

【0034】

(ステップS303) 木構造マッピング確率計算部17は、i番目の $(\theta_f, \theta_e)$ の組が存在するか否かを判断する。i番目の $(\theta_f, \theta_e)$ の組が存在すればステップS304に行き、存在しなければ上位関数にリターンする。

【0035】

(ステップS304) 木構造マッピング確率計算部17は、i番目の $(\theta_f, \theta_e)$ の組の $\theta_e$ を用いて、出力の部分木（目的言語木構造情報）を構築する。木構造マッピング確率計算部17は、以下のように出力の部分木を構築する。つまり、入力文構文解析部16により入力文をボトムアップに構文解析しているので、入力構文木における $\theta_f$ の子ノードの非終端記号は既にわかっている。すると、 $\theta_e$ の子ノードの非終端記号についても、出力構文木（と出力単語列リスト）は既にわかっていることになる。 $\theta_e$ の子ノードの出力構文木を、 $\theta_e$ の非終端記号に埋め込む際、子ノードの出力構文木の最上位の構文ラベルと、非終端記号の構文ラベルを比較し、 $\theta_e$ のすべての子ノード非終端記号について一致している場合だけ埋め込んで、 $\theta_e$ の親ノードをトップとする出力構文木を、木構造マッピング確率計算部17は生成する。

(ステップS305) 木構造マッピング確率計算部17は、ステップS304において、出力の部分木が構築できたか否かを判断する。

(ステップS306) 木構造マッピング確率計算部17は、構築できた部分木を単語列リストに展開する。

(ステップS307) 木構造マッピング確率計算部17は、当該部分木の翻訳モデル確率を算出する。翻訳モデル確率を算出する処理については、図4のフローチャートを用い

て、詳細に説明する。

(ステップS308) 木構造マッピング確率計算部17は、当該部分木の言語モデル確率を算出する。言語モデル確率を算出する処理については、図5のフローチャートを用いて、詳細に説明する。

【0036】

(ステップS309) 木構造マッピング確率計算部17は、ステップS307で算出した翻訳モデル確率と、ステップS308で算出した言語モデル確率を用いて、出力単語列の確率を算出する。通常、木構造マッピング確率計算部17は、「翻訳モデル確率×言語モデル確率」により、出力単語列の確率を算出する。出力単語列の確率とは、入力単語列が出力単語列に翻訳される確率である。

(ステップS310) マージ部18は、ステップS306で得られた単語列リストをキーとして、バッファ（出力の単語列リスト、および確率が一時格納されたバッファ）を検索する。

【0037】

(ステップS311) マージ部18は、バッファ中に、ステップS306で得られた単語列リストが存在するか否かを判断する。単語列リストが存在すればステップS312に行き、単語列リストが存在しなければステップS313に行く。

【0038】

(ステップS312) マージ部18は、ステップS306で得られた単語列リストに対応する確率として、ステップS309で得られた確率を追記する。ステップS314に行く。なお、一の単語リストに対応する確率が2以上存在する場合、翻訳モデル確率の和が、当該単語リストの翻訳確率となる。そして、「(2つ以上の翻訳モデル確率の和)×言語モデル確率」が当該単語リストの確率となる。

(ステップS313) マージ部18は、ステップS306で得られた単語列リスト、およびステップS309で得られた確率を対にして登録する。

(ステップS314) 木構造マッピング確率計算部17は、カウンタ<sub>i</sub>を1、インクリメントする。ステップS303に戻る。

次に、ステップS307の翻訳モデル確率を算出する処理について、図4のフローチャートを用いて、詳細に説明する。

(ステップS401) 原言語木構造確率取得手段171は、原言語の木構造を用いて、原言語木構造確率を、原言語木構造モデル格納部11から取得する。

【0039】

(ステップS402) マッピング確率取得手段172は、原言語の木構造（原言語木構造情報）、および出力の部分木（目的言語木構造情報）を用いて、マッピング確率を木構造マッピングモデル格納部13から取得する。

(ステップS403) 目的言語木構造確率取得手段173は、出力の部分木を用いて、目的言語木構造確率を目的言語木構造モデル格納部12から取得する。

【0040】

(ステップS404) 評価値算出手段175は、原言語木構造確率、マッピング確率、および目的言語木構造確率に基づいて、出力の構文木の翻訳モデル確率を算出する。評価値算出手段175は、原言語木構造確率、マッピング確率、目的言語木構造確率の積で翻訳モデル確率を算出することは好適である。上位関数にリターンする。

なお、図4のフローチャートにおいて、原言語木構造確率、マッピング確率、目的言語木構造確率を取得する順序は問わないことは言うまでもない。

【0041】

次に、ステップS308の言語モデル確率を算出する処理について、図5のフローチャートを用いて、詳細に説明する。本フローチャートにおいて算出する言語モデル確率の言語モデルは、単語bigramモデルである。

(ステップS501) 木構造マッピング確率計算部17は、カウンタ<sub>i</sub>に1を代入する。

(ステップS502) 木構造マッピング確率計算部17は、i番目の単語が存在するか否かを判断する。i番目の単語が存在すればステップS503に行き、i番目の単語が存在しなければステップS504に行く。

## 【0042】

(ステップS503) 木構造マッピング確率計算部17は、(i-1)番目の単語、i番目の単語を取得する。なお、iが「1」の時は、木構造マッピング確率計算部17は、「<S>」および1番目の単語を取得する。「<S>」は、文の開始を示す記号の文開始記号である。ステップS505に行く。

(ステップS504) 木構造マッピング確率計算部17は、(i-1)番目の単語、「</S>」を取得する。なお、「</S>」は、文の終了を示す記号の文終了記号である。

## 【0043】

(ステップS505) 単語出現確率取得手段174は、「<S>、i番目の単語」、「(i-1)番目の単語、i番目の単語」または「(i-1)番目の単語、</S>」に対応する情報を、言語モデル格納部14から検索する。

## 【0044】

(ステップS506) 単語出現確率取得手段174は、「<S>、i番目の単語」、「(i-1)番目の単語、i番目の単語」または「(i-1)番目の単語、</S>」が言語モデル格納部14に存在するか否かを判断する。言語モデル格納部14に存在すればステップS507に行く、存在しなければステップS508に行く。

(ステップS507) 単語出現確率取得手段174は、対応する単語出現確率を、言語モデル格納部14から取得し、一時蓄積する。ステップS509に行く。

(ステップS508) 単語出現確率取得手段174は、単語出現確率を予め決められた値とし、一時蓄積する。なお、予め決められた値は、単語出現確率取得手段174が保持している、とする。

(ステップS509) 木構造マッピング確率計算部17は、カウンタiを1、インクリメントする。

## 【0045】

(ステップS510) 木構造マッピング確率計算部17は、ラストか否かを判断する。ラストであればステップS511に行き、ラストでなければステップS502に戻る。なお、ラストか否かは、「</S>」が出現したか否かにより判断され得る。

(ステップS511) 木構造マッピング確率計算部17は、一時蓄積した1以上の単語出現確率の積を算出する。かかる1以上の単語出現確率の積が、言語モデル確率である。上位関数にリターンする。

## 【0046】

なお、図5のフローチャートにおいて、言語モデルは、単語bigramモデルを用いたが、単語trigramモデル、品詞trigramモデルなどの、他の言語モデルを用いても良い。他の言語モデルについては、公知技術であるので、詳細な説明は省略する。

上記のフローチャートで説明した機械翻訳装置の翻訳方法は、以下の翻訳方法である。

## 【0047】

つまり、本翻訳方法は、統計翻訳の一種である。統計翻訳は、入力の単語列fが与えられたとき、確率を最大化する出力の単語列eを、すべての可能な組み合わせ中から探索することにより、翻訳を行う方法である。探索結果は、以下の数式1により表わされる。数式1において「argmax」は、確率を最大化する出力の単語列を取得することを示す。確率を最大化する出力の単語列とは、翻訳結果の文章（第二言語の文章）である。

## 【数1】

$$\begin{aligned}
 \hat{e} &= \operatorname{argmax}_e P(e|f) \\
 &= \operatorname{argmax}_e P(e|f)^2 \\
 &= \operatorname{argmax}_e P(e)P(f|e)P(e|f). \quad (\hat{e} \text{ は探索結果})
 \end{aligned}$$

なお、数式1において、 $P(e)$ を言語モデル確率、 $P(f|e)$ を逆方向翻訳モデル確率、 $P(e|f)$ を順方向翻訳モデル確率、 $P(f|e)P(e|f)$ を単に翻訳モデル確率と言う。

つまり、本具体例において、翻訳結果の文章を取得することは、言語モデル確率と翻訳モデル確率の積が最大の単語列を取得することである。

以下、翻訳モデル確率の算出方法について、数式を用いて説明する。

【0048】

構文トランスファ方式の統計翻訳は、翻訳モデル中に隠れ変数として原言語・目的言語の構文木（それぞれF、Eと示し、単語列f, eを生成する）を仮定し、木構造同士のマッピングを行うことにより、翻訳文を生成する。

本機械翻訳措置において、翻訳モデルを原言語（入力）の木構造モデル、目的言語（出力）の木構造モデル、および順方向・逆方向木構造マッピングモデルに分解する。

具体的には、数式2で表現される。

【数2】

$$\begin{aligned}
 P(e|f)P(f|e) &= \sum_{E,F} P(E|F)P(F|f) \sum_{F,E} P(F|E)P(E|e) \\
 &\approx \sum_{F,E} P(F|f)P(E|F)P(F|E)P(E|e).
 \end{aligned}$$

【0049】

ここで、 $P(F|f)$ は、原言語の木構造モデル確率である。また、 $P(E|e)$ は、目的言語の木構造モデル確率である。また、 $P(E|F)$ は、順方向木構造マッピングモデル確率である。また、 $P(F|E)$ は、逆方向木構造マッピングモデル確率である。 $P(E|F)P(F|E)$ を、単に木構造マッピングモデル確率と言う。

【0050】

しかし、構文木全体を変換することはできないため、構文木を構成する文脈自由文法規則単位に変換を行う。文脈自由文法規則単位とは、親ノードの非終端記号に対して、子ノードの非終端記号または終端記号列を生成する規則である。たとえば、原言語の構文木Eを構成する文脈自由文法規則を $\theta_E$ 、目的言語の構文木F構成する文脈自由文法規則を $\theta_F$ としたとき、各モデルの確率は、以下の数式3から数式5で算出する。数式3は、原言語の木構造モデル確率を算出する式である。数式4は、目的言語の木構造モデル確率を算出する式である。数式5は、木構造マッピングモデル確率を算出する式である。

【数3】

$$P(F|f) = \prod_{\theta_F: \theta_F \in F} P(\theta_F),$$

【数4】

$$P(E|e) = \prod_{\theta_E: \theta_E \in E} P(\theta_E),$$

【数5】

$$P(E|F)P(F|E) = \prod_{\substack{\theta_e, \theta_f \in F \\ \theta_e, \theta_f \in E}} P(\theta_e | \theta_f)P(\theta_f | \theta_e).$$

【0051】

なお、本機械翻訳装置において、翻訳を行う際には、翻訳モデル確率は再帰的に計算する。たとえば、ある部分木の最上位ノード  $N_i$  が、その直下に  $j$  個の部分木を含んでいる場合、以下の数式 6 で算出する。

【数6】

$$\begin{aligned} & P(F^i|f^i)P(E^i|F^i)P(F^i|E^i)P(E^i|e^i) \\ &= \prod_{\substack{\theta_e^k, \theta_f^k \in F^i \\ \theta_e^k, \theta_f^k \in E^i}} P(\theta_e^k | \theta_f^k)P(\theta_f^k | \theta_e^k)P(\theta_e^k | \theta_f^k) \\ &= P(\theta_e^i | \theta_f^i)P(\theta_f^i | \theta_e^i)P(\theta_e^i | \theta_f^i)P(\theta_f^i | \theta_e^i) \\ &\quad \cdot \prod_{k=1} P(F^{i+k}|f^{i+k})P(E^{i+k}|F^{i+k})P(F^{i+k}|E^{i+k})P(E^{i+k}|e^{i+k}) \end{aligned}$$

【数7】

$$P(e) = \prod_{i=1}^{m+1} P(w_e^i | w_e^{i-1}),$$

(ただし、 $w_e^i$  は  $e$  の単語で、 $e = w_e^1 \dots w_e^m$  である。また、 $w_e^0$  は文開始記号 ( $< s >$  と表記)、 $w_e^{m+1}$  は、文終了記号 ( $< /s >$  と表記) を意味する。)

【0052】

本機械翻訳装置において、上述した数式により、第二言語の文章（出力単語列リスト）を評価し、例えば、最も評価値が大きい出力単語列リストを出力する。かかる出力単語列リストが、翻訳結果の文章（第二言語の文章）である。

以下、本実施の形態における機械翻訳装置の具体的な動作について説明する。

【0053】

図6は、本機械翻訳装置の原言語木構造モデル格納部11に格納されている原言語木構造モデルの例である。本原言語木構造モデルは、名前、原言語木構造情報、原言語木構造確率「 $P(\theta_f)$ 」の属性値を有する1以上の原言語木構造レコードを有する。名前は、原言語木構造情報、原言語木構造確率の組を識別する情報である。原言語木構造情報は、親ノードと子ノード列を有する。つまり、原言語木構造情報は、親ノードと子ノード列により、木構造を構成している。また、原言語木構造情報の中には、2個以上の終端記号を子ノードとして持ち、親ノードが非終端記号である規則を含む情報である原言語長単位句木構造情報が含まれる。原言語長単位句木構造情報は、例えば、名前「SRC-102」、「SRC-103」、「SRC-105」に対応する原言語木構造情報である。また、図6の原言語木構造確率「 $P(\theta_f)$ 」等における、例えば、「3.67e-3」は、「3.67 × 10<sup>-3</sup>」のことである。また、原言語木構造確率「 $P(\theta_f)$ 」は、原言語において、親ノードが子ノード列を生成する確率である。

【0054】

図7は、本機械翻訳装置の目的言語木構造モデル格納部12に格納されている目的言語木構造モデルの例である。本目的言語木構造モデルは、名前、目的言語木構造情報、目的

言語木構造確率「 $P(\theta_e)$ 」の属性値を有する1以上の目的言語木構造レコードを有する。名前は、目的言語木構造情報、目的言語木構造確率の組を識別する情報である。目的言語木構造情報は、原言語木構造情報と同様に、親ノードと子ノード列を有する。また、目的言語木構造確率「 $P(\theta_e)$ 」は、目的言語において、対応する目的言語木構造情報が現れる確率である。

## 【0055】

図8は、木構造マッピングモデル格納部13に格納されている木構造マッピングモデルの例である。本木構造マッピングモデルは、マッピング情報とマッピング確率「 $P(\theta_e | \theta_f) P(\theta_f | \theta_e)$ 」を有する木構造マッピングレコードを1以上有する。マッピング情報は、目的言語の名前と原言語の名前の情報を有する。つまり、マッピング情報は、2つの名前で特定される目的言語の木構造と、原言語の木構造との対応を示す情報である。また、マッピング確率「 $P(\theta_e | \theta_f) P(\theta_f | \theta_e)$ 」は、順方向の木構造マッピングモデル確率と逆方向の木構造マッピングモデル確率の積である。

## 【0056】

図9は、言語モデル格納部14に格納されている言語モデルの例である。本言語モデルは、第一の単語( $w^1 - 1_e$ )と、第二の単語( $w^1_e$ )と、第一の単語の次に第二の単語が出現する確率を示す情報である単語出現確率( $P(w^1_e | w^1 - 1_e)$ )を有する単語出現確率を1以上保持している。なお、図9において「<S>」は文開始記号、「</S>」は文終了記号である。

## 【0057】

かかる状況において、本機械翻訳装置は、例えば、図10に示すような構文トランスファ方式の機械翻訳を行う。また、本機械翻訳装置は、ここでは、日英翻訳を行う、とする。図10は、「バスは12時に出ますか」という日本語の文章を構文解析し、日本語構文木Fを取得し、次に、当該日本語構文木Fと英語構文木Eとのマッピングを行って英語文を出力することを示している。なお、図10において、「S」は文章、「NP」は名詞句、「NOUN」は名詞、「VP」は動詞句、「PP」は副詞句、「V」は動詞、「P」は助詞、「NUM」は数字を示す。また、図10において、「SQ」は疑問文、「NN」は名詞、「VB」は動詞、「IN」は前置詞、「CD」は数字を示す。(正しいでしょうか?)

本機械翻訳装置は、かかる構文トランスファ方式の機械翻訳において、翻訳モデル中に、複数の単語から成り、非終端記号を含まない規則(長単位句木構造情報)を含んでいる。

そして、ユーザは、例えば、キーボードから第一言語の文章「バスは12時に出ますか」を入力した、とする。そして、受付部15は、第一言語の文章「バスは12時に出ますか」を受け付ける。

以下、かかる場合において、本機械翻訳装置が、「12時に出」の部分翻訳を行う際の処理について説明する。

そして、本機械翻訳装置は、図11に示す長単位句木構造情報、およびそれに対応する翻訳モデル確率、言語モデル確率を保持している、とする。

## 【0058】

次に、入力文構文解析部16は、図6の原言語木構造モデル(詳細には、原言語木構造情報)を用いて、「12時に出」を構文解析する。そして、入力文構文解析部16は、SRC-002, SRC-003, SRC-103が適用可能であり、どれも「12時に出」についてVPを構成することを検出し、SRC-002, SRC-003, SRC-103を取得する。かかる3つの部分木「SRC-002」, 「SRC-003」, 「SRC-103」は、入力部分木を示す情報(その名前)である。

そして、木構造マッピング確率計算部17は、3つの入力部分木(原言語木構造情報)に対して、以下の処理を行う。

## 【0059】

まず、木構造マッピング確率計算部17は、入力の部分木の最上位ノードに使われた規

則 $\theta_f$ （ここでは、原言語木構造モデルの名前で特定する）に対応する目的言語木構造モデルの規則 $\theta_e$ （ここでは、目的言語木構造モデルの名前で特定する）を図8の木構造マッピングモデルから取得する。SRC-002に対応する $\theta_e$ は、TRG-002, TRG-003, SRC-003に対応する $\theta_e$ はTRG-002, TRG-003, SRC-103に対応する $\theta_e$ はTRG-104である。

## 【0060】

ここで、木構造マッピング確率計算部17は、 $(\theta_f, \theta_e)$ の組「(SRC-002, TRG-002)」「(SRC-002, TRG-003)」「(SRC-003, TRG-002)」「(SRC-003, TRG-003)」「(SRC-103, TRG-104)」を取得する。

次に、木構造マッピング確率計算部17は、上記5組の $(\theta_f, \theta_e)$ のそれぞれに対して、以下の処理を行う。

## 【0061】

まず、木構造マッピング確率計算部17は、 $\theta_e$ を用いて、部分木を構築する（図12のステップ1、ステップ2）。この例では、図12の3つの部分木が構築される。（SRC-002, TRG-002）の組、および（SRC-003, TRG-003）の組の場合は、 $\theta_e$ に適合する子供の部分木が存在しないため、出力の部分木は構築されない、とする。図12の（1）は、（SRC-002, TRG-003）の組に対応する部分木、（2）は「（SRC-003, TRG-002）の組に対応する部分木、（3）は（SRC-103, TRG-104）の組に対応する部分木である。

## 【0062】

次に、図12の（1）から（3）の出力部分木の単語列リストを展開し、新たな出力単語リストを得る（図12のステップ3）。そして、各出力単語列に対して、数式6、数式7を用いて翻訳モデル確率、言語モデル確率を算出する。なお、部分木の言語モデル確率は、ここでは、文開始・終了記号を付けずに算出し、図9にない単語列に関しては、例えば、確率「1.0e-7」を割り当てる、とする。

## 【0063】

例えば、（SRC-002, TRG-003）の組を用いた場合、「12時に」の出力単語リストは「at 12 o'clock」, 「at noon」, 「to noon」であり、「出」の出力単語列リストは「leave」「start」である。したがって、その組み合わせを展開し、翻訳モデル確率、言語モデル確率を算出すると、図13の出力単語列リストを得る。

図13において、「入力構文木」は原言語木構造情報の例である。また、「出力構文木」は「目的言語木構造情報」の例である。

同様に、（SRC-003, TRG-002）の組、（SRC-103, TRG-104）の組の場合は、図14の出力単語列リストを得る。

以上の処理により、木構造マッピング確率計算部17は、図13、図14の出力単語列リストを得ることができる。

## 【0064】

次に、木構造マッピング確率計算部17は、入力単語列、入力部分木の構文ラベル、出力部分木の構文ラベルが同一の出力単語列リストが既にバッファに登録されている場合、両者の出力単語列リストをマージする。マージの際、同一の出力単語列が存在する場合は、数式2に従い、翻訳モデル確率の和を算出し、バッファに登録する。

## 【0065】

ここで、木構造マッピング確率計算部17は、例えば、マージの結果、出力単語列リストのサイズが、一定値(Nと表記し、ここでは3を仮定する)を超える場合は、翻訳モデル確率と言語モデル確率の積の上位N個だけを残し、登録する。かかる処理により高速な翻訳処理が可能となる。

上記例の場合、マージの結果、図15出力単語列リストが得られ、例えば、上位3個だけがバッファに登録される（図12のステップ4）。

## 【0066】

上記処理により、新たに「12時に出」の部分翻訳結果が得られるので、これを再帰的に入力文全体について繰り返すことにより、入力文「バスは12時に出ますか」の部分翻訳結果を得ることができる。なお、最終的に得られた出力単語列リストは、文開始・終了記号込みで言語モデル確率が再計算され、翻訳モデル確率との積が最大の出力単語列を、入力文の翻訳結果として出力する。

以上、本実施の形態によれば、単語と句(複数単語)を区別せず翻訳を行うことができる。

また、本実施の形態によれば、句や単語の順序を階層的に入れ替えることができ、構文的に正しい翻訳文を出力することができる。結果的に翻訳品質が向上する。

#### 【0067】

また、本実施の形態によれば、構文木に複数の候補が得られた時にも、コーパスから自動的に得られた原言語・目的言語木構造モデル、木構造マッピングモデルに基づく確率を基に、最適な出力単語列を構成することができる。したがって、シソーラス等は必要としない。

#### 【0068】

また、本実施の形態の具体例によれば、上記ステップS206の処理(部分木の数が最少となる出力部分木を選択する処理)の例について説明しなかった。かかる処理は、例えば、以下のような処理である。「すみませんバスは12時に出ますか」が入力されると、部分木の数が最小のものとしては、「すみません」、「バスは12時に出ますか」という2つが得られる。そして、それぞれ「excuse me」、「will the bus leave at 12 o'clock」、「will the bus leave at noon」などの出力単語列が得られる。そして、それぞれの部分木から、確率最大の出力単語列を取得し、連結して出力すると、「excuse me will the bus leave at 12 o'clock」となる。

#### 【0069】

さらに、本実施の形態において、出力単語列が多数存在する場合にも、入力単語列、入力・出力の部分木の構文ラベルが同じ出力単語列から、確率が上位の単語列だけを残すことを行えば、適切に候補を削減することができ、翻訳速度が向上する。

なお、本実施の形態の具体例において、言語モデルとして単語bigramモデルを用いたが、単語trigramモデル、品詞trigramモデル等、他の言語モデルを用いてもよい。

#### 【0070】

さらに、本実施の形態における処理は、ソフトウェアで実現しても良い。そして、このソフトウェアをソフトウェアダウンロード等により配布しても良い。また、このソフトウェアをCD-ROMなどの記録媒体に記録して流布しても良い。なお、本実施の形態における情報処理装置を実現するソフトウェアは、以下のようなプログラムである。つまり、このプログラムは、コンピュータに、翻訳される元の文章の言語である第一言語の木構造に関する情報であり、複数の単語からなり非終端記号を含まない長単位句を一のノードとする木構造の情報を含む原言語木構造情報と、当該原言語木構造情報に対応する木構造の確率を示す情報である原言語木構造確率を有する原言語木構造レコードを1以上有する原言語木構造モデルを格納しており、翻訳結果の文章の言語である第二言語の木構造に関する情報であり、複数の単語からなり非終端記号を含まない長単位句を一のノードとする木構造の情報を含む目的言語木構造情報と、当該目的言語木構造情報に対応する木構造の確率を示す情報である目的言語木構造確率を有する目的言語木構造レコードを1以上有する目的言語木構造モデルを格納しており、原言語木構造情報と目的言語木構造情報との対応を示す情報であるマッピング情報と、当該マッピング情報が示す対応の確率を示す情報であるマッピング確率を有する木構造マッピングレコードを1以上有する木構造マッピングモデルを格納しており、第二言語の2以上の単語の連続した出現に関する確率の情報である単語出現確率を有する単語出現確率を1以上有する言語モデルを格納しており、第一言語の文章を受け付ける受付ステップと、前記受付ステップで受け付けた文章を構文解析し、当該文章の一部または全部の木構造に関する情報である木構造情報を、順次得る入力文構

文解析ステップと、前記入力文構文解析ステップで得た木構造情報に対応する1以上の原語木構造確率を取得し、前記入力文構文解析ステップで得た木構造情報に対応する1以上の目的言語木構造情報と1以上のマッピング確率を取得し、前記1以上の目的言語木構造情報のそれぞれに対応する1以上の目的言語木構造確率を取得し、前記取得した目的言語木構造情報に基づいて、当該目的言語木構造情報を構成する2以上の単語の、1以上の単語出現確率を取得し、前記取得した原言語木構造確率、前記取得したマッピング確率、前記取得した目的言語木構造確率、および前記取得した単語出現確率に基づいて、出力の構文木の評価値を算出する木構造マッピング確率計算ステップと、前記木構造マッピング確率計算ステップで算出した評価値に基づいて、出力する第二言語の一部または全部の構文木を決定し、当該決定した構文木に基づいて第二言語の一部または全部の文章である出力情報を取得する最尤列探索ステップと、前記最尤列探索ステップで取得した1以上の出力情報を有する第二言語の文章を出力する出力ステップを実行させるためのプログラム、である。

#### 【0071】

また、前記木構造マッピング確率計算ステップは、前記入力文構文解析ステップで得た木構造情報に対応する1以上の原言語木構造確率を取得する原言語木構造確率取得ステップと、前記入力文構文解析ステップで得た木構造情報に対応する1以上の目的言語木構造情報と1以上のマッピング確率を取得するマッピング確率取得ステップと、前記1以上の目的言語木構造情報のそれぞれに対応する1以上の目的言語木構造確率を取得する目的言語木構造確率取得ステップと、前記取得した目的言語木構造情報に基づいて、当該目的言語木構造情報を構成する2以上の単語の、1以上の単語出現確率を前記言語モデル格納部から取得する単語出現確率取得ステップと、前記原言語木構造確率、前記マッピング確率、前記目的言語木構造確率、および前記単語出現確率に基づいて、出力の構文木の評価値を算出する評価値算出ステップを具備しても良い。

前記評価値算出ステップは、前記原言語木構造確率、前記マッピング確率、前記目的言語木構造確率、前記単語出現確率の積を算出し、当該積を出力の構文木の評価値とすることは好適である。

#### 【0072】

さらに、前記最尤列探索ステップにおいて、前記木構造マッピング確率計算ステップで算出した評価値が最大の構文木を、出力する構文木として決定し、当該決定した構文木に基づいて第二言語の一部または全部の文章である出力情報を取得することは好適である。

#### 【0073】

また、上記各実施の形態において、各処理（各機能）は、单一の装置（システム）によって集中処理されることによって実現されてもよく、あるいは、複数の装置によって分散処理されることによって実現されてもよい。

#### 【0074】

また、図16は、本明細書で述べたプログラムを実行して、上述した種々の実施の形態の情報処理装置を実現するコンピュータの外観を示す。上述の実施の形態は、コンピュータハードウェア及びその上で実行されるコンピュータプログラムで実現され得る。図16は、このコンピュータシステム300の概観図であり、図17は、システム300のブロック図である。

#### 【0075】

図16において、コンピュータシステム300は、FD(Flexible Disk)ドライブ、CD-ROM(Compact Disk Read Only Memory)ドライブを含むコンピュータ301と、キーボード302と、マウス303と、モニタ304とを含む。

#### 【0076】

図17において、コンピュータ301は、FDドライブ3011、CD-ROMドライブ3012に加えて、CPU(Central Processing Unit)3013と、CPU3013、CD-ROMドライブ3012及びFDドライブ3011に接

続されたバス3014と、ブートアッププログラム等のプログラムを記憶するためのROM (Read-Only Memory) 3015と、CPU3013に接続され、アプリケーションプログラムの命令を一時的に記憶するとともに一時記憶空間を提供するためのRAM (Random Access Memory) 3016と、アプリケーションプログラム、システムプログラム、及びデータを記憶するためのハードディスク3017とを含む。ここでは、図示しないが、コンピュータ301は、さらに、LANへの接続を提供するネットワークカードを含んでも良い。

## 【0077】

コンピュータシステム300に、上述した実施の形態の情報処理装置の機能を実行させるプログラムは、CD-ROM3101、またはFD3102に記憶されて、CD-ROMドライブ3012またはFDドライブ3011に挿入され、さらにハードディスク3017に転送されても良い。これに代えて、プログラムは、図示しないネットワークを介してコンピュータ301に送信され、ハードディスク3017に記憶されても良い。プログラムは実行の際にRAM3016にロードされる。プログラムは、CD-ROM3101、FD3102またはネットワークから直接、ロードされても良い。

## 【0078】

プログラムは、コンピュータ301に、上述した実施の形態の情報処理装置の機能を実行させるオペレーティングシステム(OS)、またはサードパーティープログラム等は、必ずしも含まなくても良い。プログラムは、制御された態様で適切な機能(モジュール)を呼び出し、所望の結果が得られるようにする命令の部分のみを含んでいれば良い。コンピュータシステム300がどのように動作するかは周知であり、詳細な説明は省略する。

また、上記プログラムを実行するコンピュータは、単数であってもよく、複数であってもよい。すなわち、集中処理を行ってもよく、あるいは分散処理を行ってもよい。

本発明は、以上の実施の形態に限定されることなく、種々の変更が可能であり、それらも本発明の範囲内に包含されるものであることは言うまでもない。

## 【産業上の利用可能性】

## 【0079】

以上のように、本発明にかかる機械翻訳装置は、高品質かつ高速な翻訳が可能となる、という効果を有し、機械翻訳装置等として有用である。

## 【図面の簡単な説明】

## 【0080】

【図1】実施の形態1における機械翻訳装置のブロック図

【図2】同機械翻訳装置の動作について説明するフローチャート

【図3】同評価処理の動作について説明するフローチャート

【図4】同翻訳モデル確率を算出する処理について説明するフローチャート

【図5】同言語モデル確率を算出する処理について説明するフローチャート

【図6】同原言語木構造モデルの例を示す図

【図7】同目的言語木構造モデルの例を示す図

【図8】同木構造マッピングモデルの例を示す図

【図9】同言語モデルの例を示す図

【図10】同構文トランスファ方式の機械翻訳を説明する図

【図11】同機械翻訳装置の初期状態を示す図

【図12】同機械翻訳装置が構築する部分木を示す図

【図13】同機械翻訳装置が構成する出力単語列リストを示す図

【図14】同機械翻訳装置が構成する出力単語列リストを示す図

【図15】同機械翻訳装置が構成する出力単語列リストを示す図

【図16】同機械翻訳装置を実現するコンピュータの外観図

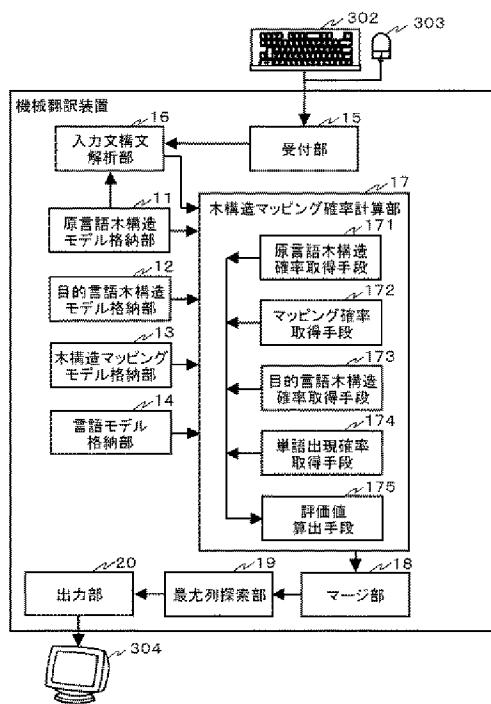
【図17】同機械翻訳装置のブロック図

## 【符号の説明】

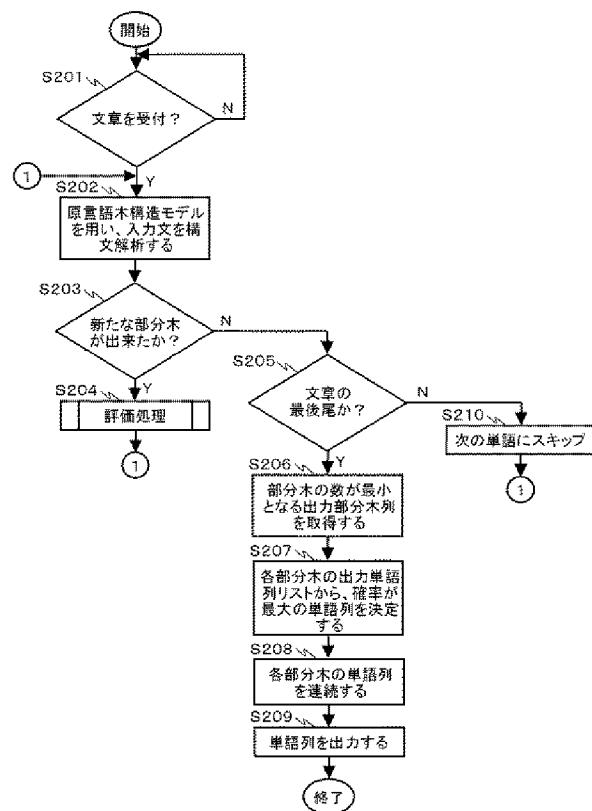
## 【0081】

- 1.1 原言語木構造モデル格納部
- 1.2 目的言語木構造モデル格納部
- 1.3 木構造マッピングモデル格納部
- 1.4 言語モデル格納部
- 1.5 受付部
- 1.6 入力文構文解析部
- 1.7 木構造マッピング確率計算部
- 1.8 最尤列探索部
- 1.9 出力部
- 1.7.1 原言語木構造確率取得手段
- 1.7.2 マッピング確率取得手段
- 1.7.3 目的言語木構造確率取得手段
- 1.7.4 単語出現確率取得手段
- 1.7.5 評価値算出手段

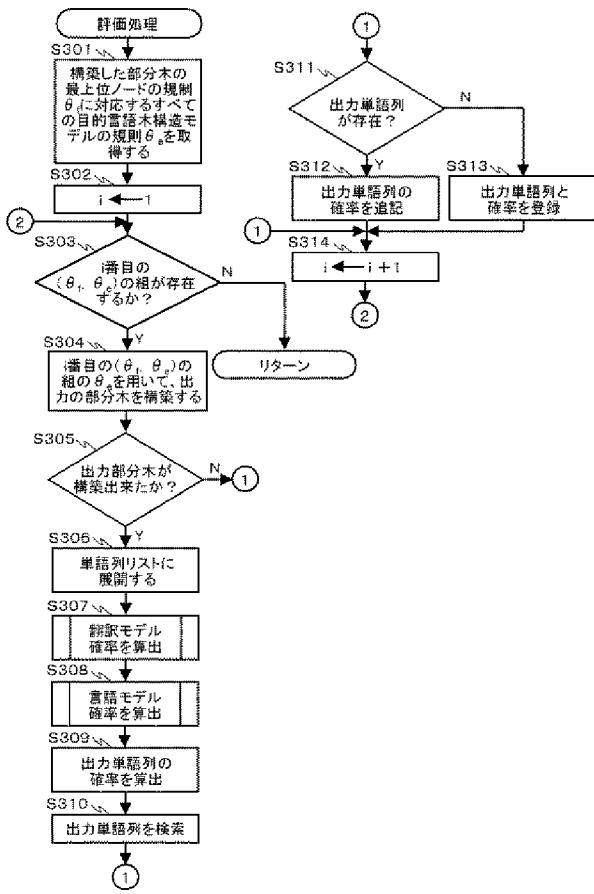
【図1】



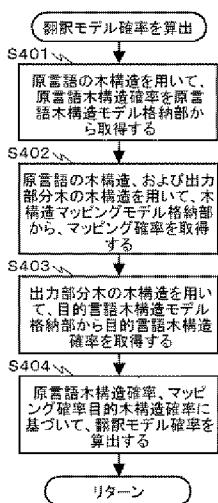
【図2】



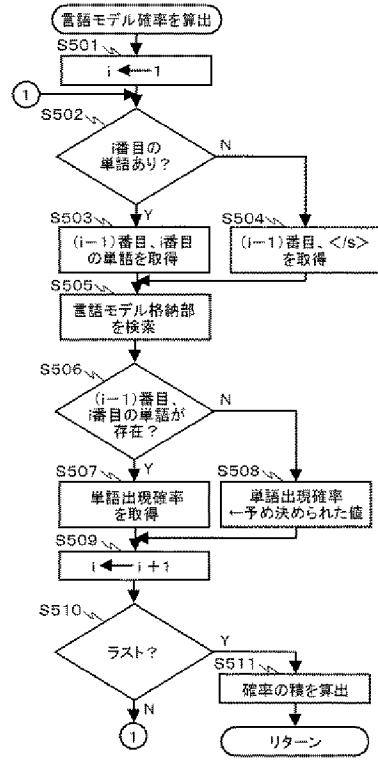
【図3】



【図4】



【図5】



【図6】

名前	原言語木構造情報		原言語木構造確率 $P(\theta_1)$
	親ノード	子ノード列	
SRC-001	S	→ X <sub>NP</sub> はY <sub>VP</sub> ますか	3.67e-3
SRC-002	VP	→ X <sub>PP</sub> Y <sub>V</sub>	2.73e-2
SRC-003	VP	→ X <sub>NP</sub> にY <sub>V</sub>	2.13e-3
SRC-004	NP	→ X <sub>NOUN</sub>	9.50e-2
SRC-005	NP	→ X <sub>NOUN</sub> Y <sub>NOUN</sub>	1.73e-2
SRC-006	PP	→ X <sub>NP</sub> Y <sub>P</sub>	8.64e-2
SRC-007	NOUN	→ バス	1.63e-3
SRC-008	NOUN	→ 列車	6.12e-3
SRC-009	NOUN	→ 時	3.05e-2
SRC-010	NUM	→ 12	1.04e-1
SRC-011	V	→ 出	7.00e-3
SRC-012	P	→ に	3.66e-1
SRC-101	NP	→ 12時	7.03e-5
SRC-102	PP	→ 12時に	2.30e-5
SRC-103	VP	→ 12時に出	6.59e-6
SRC-104	NP	→ バス	1.69e-3
SRC-105	S	→ バスは12時に出ますか	9.16e-6
SRC-106	S	→ すみません	7.65e-2

【図7】

名前	目的言語木構造情報		目的言語木構造確率 $P(\theta_e)$
	親ノード	子ノード列	
TRG-001	SQ	→ will X <sub>NP</sub> Y <sub>VP</sub>	1.21e-3
TRG-002	VP	→ Y <sub>VB</sub> X <sub>NP</sub>	4.94e-2
TRG-003	VP	→ Y <sub>VB</sub> X <sub>PP</sub>	1.34e-2
TRG-004	NP	→ the X <sub>NN</sub>	2.35e-2
TRG-005	NP	→ a X <sub>NN</sub>	1.12e-2
TRG-006	NP	→ X <sub>NN</sub>	1.37e-2
TRG-007	NP	→ X <sub>CD</sub> Y <sub>NN</sub>	1.95e-3
TRG-008	PP	→ X <sub>IN</sub> Y <sub>NP</sub>	2.32e-1
TRG-009	NN	→ bus	1.61e-2
TRG-010	NN	→ train	1.02e-2
TRG-011	NN	→ o'clock	5.50e-1
TRG-012	CD	→ 12	9.83e-2
TRG-013	VB	→ leave	1.67e-2
TRG-014	VB	→ start	4.37e-3
TRG-015	IN	→ at	5.82e-2
TRG-016	IN	→ to	3.51e-1
⋮			
TRG-101	NP	→ 12 o'clock	1.21e-5
TRG-102	NP	→ noon	2.32e-4
TRG-103	PP	→ at 12 o'clock	2.08e-5
TRG-104	VP	→ leave at 12 o'clock	6.59e-6
TRG-105	NP	→ the bus	1.28e-3
TRG-106	NP	→ will the bus leave at 12 o'clock	6.62e-5
TRG-107	S	→ excuse me	8.49e-3
⋮			

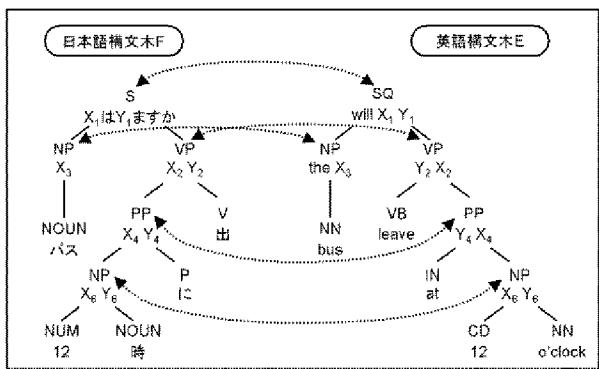
【図8】

目的言語	マッピング情報		マッピング確率 $P(\theta_e   \theta_f)P(\theta_f   \theta_d)$
	親	子	
SRC-001	◆	TRG-001	4.38e-1
SRC-002	◆	TRG-002	4.24e-2
SRC-002	◆	TRG-003	2.87e-1
SRC-003	◆	TRG-002	5.87e-3
SRC-003	◆	TRG-003	3.44e-3
SRC-004	◆	TRG-004	7.97e-1
SRC-004	◆	TRG-005	6.81e-1
SRC-004	◆	TRG-006	8.80e-1
SRC-005	◆	TRG-007	8.33e-1
SRC-006	◆	TRG-008	6.42e-1
SRC-007	◆	TRG-009	9.83e-1
SRC-008	◆	TRG-010	5.95e-1
SRC-009	◆	TRG-011	9.96e-1
SRC-010	◆	TRG-012	1.0
SRC-011	◆	TRG-013	2.21e-1
SRC-011	◆	TRG-014	5.74e-2
SRC-012	◆	TRG-015	3.75e-1
SRC-012	◆	TRG-016	3.94e-1
⋮			
SRC-101	◆	TRG-101	1.0
SRC-101	◆	TRG-102	1.25e-1
SRC-102	◆	TRG-103	1.0
SRC-103	◆	TRG-104	1.0
SRC-104	◆	TRG-105	6.46e-1
SRC-105	◆	TRG-106	2.50e-1
SRC-106	◆	TRG-107	5.91e-1
⋮			

【図9】

$W_e^{i-1}$	$W_e^i$	$P(W_e^i   W_e^{i-1})$
<s>	will	2.09e-01
<s>	the	1.74e-01
will	the	2.15e-01
will	a	7.02e-02
the	bus	1.60e-01
a	bus	1.28e-01
bus	leave	2.27e-01
leave	at	2.08e-01
leave	12	2.92e-02
at	12	7.81e-02
at	noon	9.00e-02
12	o'clock	5.25e-01
o'clock	</s>	7.20e-01
noon	</s>	7.31e-01
excuse	me	9.93e-01
⋮		

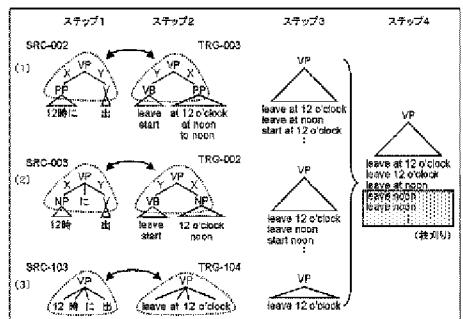
【図10】



【図11】

入力構文木	出力構文木	翻訳モデル確率	言語モデル確率
NP → 12時	NP → noon	4.94e-9	1.0
	NP → 12 o'clock	5.79e-9	5.25e-1
PP → 12時に	PP → at 12 o'clock	4.79e-10	4.10e-2
	PP → at noon	5.08e-13	9.00e-2
	PP → to noon	3.22e-12	1.0e-7
V → 出	VB → leave	2.58e-5	1.0
	VB → start	1.76e-6	1.0

【図12】



【図13】

入力構文木	出力構文木	翻訳モデル確率	言語モデル確率
VP → 12時に出る	VP → leave at 12 o'clock	1.30e-18	8.53e-3
	VP → leave at noon	1.38e-21	1.87e-2
	VP → leave to noon	8.73e-21	1.0e-14
	VP → start at 12 o'clock	8.83e-20	4.10e-9
	VP → start at noon	9.36e-23	9.00e-9
	VP → start to noon	5.93e-22	1.0e-14

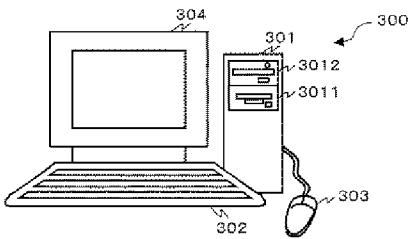
【図14】

入力構文木	出力構文木	翻訳モデル確率	言語モデル確率
VP → 12時に出る	VP → leave 12 o'clock	9.24e-20	1.53e-2
	VP → leave noon	7.88e-20	1.0e-7
	VP → start 12 o'clock	6.27e-21	5.25e-8
	VP → start noon	5.36e-21	1.0e-7

【図15】

入力構文木	出力構文木	翻訳モデル確率	言語モデル確率	積
VP → 12時に出る	VP → leave at 12 o'clock	4.34e-11	8.53e-3	3.70e-13
	VP → leave 12 o'clock	9.24e-20	1.53e-2	1.42e-21
	VP → leave at noon	1.38e-21	1.87e-2	2.58e-23
	VP → leave noon	7.88e-20	1.0e-7	7.88e-27
	VP → start noon	5.36e-21	1.0e-7	5.36e-28
	VP → start at 12 o'clock	8.83e-20	4.10e-9	3.62e-28
	VP → start 12 o'clock	6.27e-21	5.25e-8	3.30e-28
	VP → start at noon	9.36e-23	9.00e-9	8.42e-31
	VP → leave to noon	8.73e-21	1.0e-14	8.72e-35
	VP → start to noon	5.93e-22	1.0e-14	5.93e-36

【図16】



【図17】

